

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

B44

(11)Publication number : 02-017429  
(43)Date of publication of application : 22.01.1990

(51)Int. CI. G01N 21/39

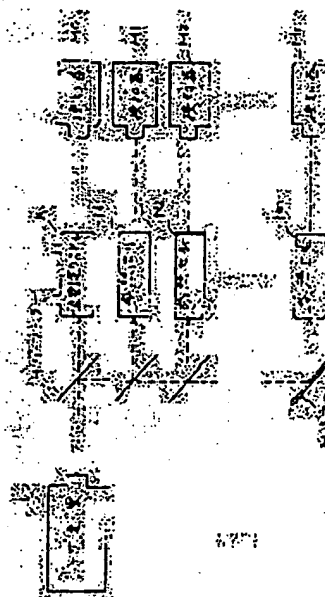
(21)Application number : 63-168077 (71)Applicant : FUJITSU LTD  
(22)Date of filing : 05.07.1988 (72)Inventor : SAWADA AKIRA  
DOI SHOJI  
SUGIYAMA IWA0

## (54) CONCENTRATION MEASURING METHOD BY USING LASER TYPE GAS SENSOR

### (57)Abstract:

PURPOSE: To make the optical system of an apparatus compact by using one laser light source without using many expensive laser sources.

CONSTITUTION: One laser light source Lo which emits light in a wavelength region wherein absorption lines of (n) kinds of gas species are presents is arranged. The laser light emitted from the laser light source Lo is split. The split laser light beams are transmitted through a cell for gas to be measured and (n) pieces of reference cells N1-Nn each containing one kind of (n) kinds of the gas species. An absorption spectrum each comprising (i) points is obtained. The signal value of each point is obtained by using the reference cells N1-Nn. The inverse matrix  $1/(B \times A)$  of the product  $B \times A$  of a matrix A comprising (i) raw and (n) column with said signal values as elements and the transposed matrix B of said matrix is computed. The signal value of each point is obtained by using the gas to be measured, and the product  $B \times C$  of a matrix C comprising (i) rows and one column and a transposed matrix B is computed. Furthermore,  $1/(B \times A) \times (B \times C)$  is computed. In this way, the concentrations of the (n) kinds of the gas species incorporated in the gas to be measured can be computed. The optical system of the apparatus can be made compact.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-17429

⑬ Int. Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)1月22日

G 01 N 21/39

7458-2G

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 レーザ方式ガスセンサによる濃度測定方法

⑯ 特 願 昭63-168077

⑰ 出 願 昭63(1988)7月5日

⑱ 発 明 者 澤 田 充 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内⑲ 発 明 者 土 肥 正 二 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内⑲ 発 明 者 杉 山 隆 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑳ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉑ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

レーザ方式ガスセンサによるガス濃度測定方法

## 2. 特許請求の範囲

波長可変のレーザ光源より放射されるレーザ光を被測定ガス中に透過させ、その透過光のスペクトル強度を光検知器によって電気信号に変換し、その電気信号に基づいて前記被測定ガスの濃度を算出して検出するレーザ方式ガスセンサにおいて、  
 n種のガス種の吸収線が存在する波長領域で発光する1個のレーザ光源を配置し、該レーザ光源から放射されるレーザ光を分割して、分割したレーザ光それぞれを被測定ガスセルおよび前記n種のガス種の1種を収容したn個の参照セルに透過させて、各々の1ポイントからなる吸収スペクトルを求め、

$$\begin{bmatrix} \sum_i (X_{1,i})^2 & \cdots & \sum_i (X_{1,i} X_{n,i}) \\ \vdots & & \vdots \\ \sum_i (X_{n,i} X_{1,i}) & \cdots & \sum_i (X_{n,i})^2 \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} \sum_i (X_{1,i} Y_i) \\ \sum_i (X_{2,i} Y_i) \\ \vdots \\ \sum_i (X_{n,i} Y_i) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

(但し、 $X_{1,i} \sim X_{n,i}$  は参照セルを透過したスペクトル信号値、 $Y_1 \sim Y_n$  は被測定ガスセルを透過したスペクトル信号値、 $a_1 \sim a_n$  はn種のガス濃度)

なる演算をおこなつて、前記被測定ガスに含まれる前記n種のガス種の濃度を算出するようにしたことを特徴とするレーザ方式ガスセンサによるガ

ス濃度測定方法。

### 3. 発明の詳細な説明

(概要)

レーザ光を用いて複数ガス種の濃度を検知するレーザ方式ガスセンサによるガス濃度測定方法に関する。

1個のレーザ光源を用いて光学系を小型化することを目的とし、

レーザ光源より放射されるレーザ光を被測定ガス中に透過させ、その透過光のスペクトル強度を光検知器によつて電気信号に変換し、その電気信号に基づいて前記被測定ガスの濃度を算出して検出するレーザ方式ガスセンサにおいて、

$n$ 種のガス種の吸収線が存在する波長領域で発光する1個のレーザ光源を配設し、該レーザ光源から放射されるレーザ光を分割して、分割したレーザ光それぞれを被測定ガスおよび前記 $n$ 種のガス種の1種を収容した $n$ 個の参照セルに透過させて、各々1ポイントからなる吸収スペクトルを求め、

が他のガス種と区別が付き易い波長領域を選んで、その波長領域のスペクトル強度を測定し、かくして、 $n$ 個所の波長領域を選んで、そのような波長領域を発光するレーザ光源を用いて、それぞれ $n$ 個のスペクトル強度を測定する。そうして、得られたスペクトル信号値の行列を演算装置によつて求める。一方、各々のガス種の既知濃度のスペクトル信号値を測定して、その信号レベルと既知濃度との比を $n$ 行 $n$ 列の行列で求め、その逆行列を計算して補正係数とし、その補正係数の逆行列を前記の行列に乗算して補正し、そのようにして、 $n$ 種のガス種の濃度を算出していた(特願昭 62-230251号参照)。

しかし、そのような濃度測定方法によれば、重なりが異なる波長領域を選んで区別が付き易い複数の波長領域におけるスペクトルを測定するために、被測定ガスの種類だけ波長の異なる $n$ 個のレーザ光源が必要であり、そのため、高価なレーザ光源を多数使用して、ガスセンサ装置の光学系が大型化する欠点があった。

参照セルを用いて得た各ポイントの信号値を要素とした1行 $n$ 列の行列 $A$ と、該行列の転置行列 $B$ との積 $B \times A$ の逆行列 $1/(B \times A)$ 、および被測定ガスを用いて得た各ポイントの信号値を要素とする1行1列の行列 $C$ と前記転置行列 $B$ との積 $B \times C$ を計算し、更に $1/(B \times A) \times (B \times C)$ なる演算をおこなつて、前記被測定ガスに含まれる前記 $n$ 種のガス種の濃度を算出するようにしたことを特徴とする。

(産業上の利用分野)

本発明はレーザ光を用いて複数ガス種の濃度を検知するレーザ方式ガスセンサによるガス濃度測定方法に関する。

(従来の技術と発明が解決しようとする課題)

従来、吸収スペクトルの異なる $n$ 種のガス種の各々の濃度を測定する場合、まず、重なりが異なる $n$ 個所の波長領域における吸収スペクトルを測定する。即ち、 $n$ 種中の1つのガス種

第6図はその従来のガスセンサにおける光学系を示す図で、 $L_1, L_2, \dots, L_n$ はレーザ光源、 $K$ は被測定ガスセル、 $N_1, N_2, \dots, N_n$ は既知の濃度の1つのガス種を収容した参照セル、 $M_1, M_2, \dots, M_n$ は検知器、 $H$ はハーフミラー、 $R$ はレンズ、 $M$ はミラーである。

図のように、異なる波長領域をもつた $n$ 個のレーザ光源を設け、区別し易い波長領域をもつ1つのレーザ光源からのレーザ光を被測定ガスと検知器、濃度が既知の1つの参照ガスとを比較し、かくして、 $n$ 個の参照ガスと比較して、上記したように行列で求め、補正係数の逆行列を乗算して $n$ 種のガス種の濃度を算出していた。

本発明はそのような多くの高価なレーザ光源を用いることなく、1個のレーザ光源を用いて光学系を小型化することを目的としたガスセンサを提案するものである。

(課題を解決するための手段)

その課題は、第1図に示す原理図のように、 $n$

種のカス種の吸収線が存在する波長領域で発光する1個のレーザ光源L。を配設し、該レーザ光源から放射されるレーザ光を分割して、分割したレーザ光それぞれを被測定ガセルKおよび前記n種のガセルの1種を収容したn個の参照セルN<sub>1</sub> ~ N<sub>n</sub>に透過させて、各々1ポイントからなる吸収スペクトルを求め、下記図式からなる演算をおこなつて、被測定ガスに含まれる前記n種のガセルの濃度を算出するようにしたガス濃度測定方法によつて解決される。尚、第1図においてM<sub>0</sub>、M<sub>1</sub> ~ M<sub>n</sub>は検知器、Hはハーフミラー、Mはミラーである。

#### (作用)

即ち、本発明はレーザの1つのモード(モードホップのない連続的に波長を変え得る領域: 20~50A範囲)によつてn個のガセルの吸収スペクトルを測定し、次の信号処理を演算装置によりおこなわせる。

その信号処理の説明を簡単にするためにn=2

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_{100} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{2,1} \\ X_{1,2} & X_{2,2} \\ \vdots & \vdots \\ X_{1,100} & X_{2,100} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

が成立する。この式の両辺に、

$$\begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \cdots & X_{1,100} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \cdots & X_{2,100} \end{bmatrix}$$

を掛け合わせると、

$$\begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \cdots & X_{1,100} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \cdots & X_{2,100} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_{100} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{2,1} \\ X_{1,2} & X_{2,2} \\ \vdots & \vdots \\ X_{1,100} & X_{2,100} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

になり、

$$\begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{100} X_{1,j} Y_j \\ \sum_{j=1}^{100} X_{2,j} Y_j \end{bmatrix} =$$

の場合について説明する。波長領域を1=100ポイントに等分割して、N<sub>1</sub>ガスを収容した参照セルN<sub>1</sub>による単位濃度当りのスペクトル信号値を

$$(X_{1,1}, X_{1,2}, \cdots, X_{1,100})$$

N<sub>2</sub>ガスを収容した参照セルN<sub>2</sub>による単位濃度当りのスペクトル信号値を

$$(X_{2,1}, X_{2,2}, \cdots, X_{2,100})$$

被測定ガスを収容した被測定ガセルKによる単位濃度当りのスペクトル信号値を

$$(Y_1, Y_2, \cdots, Y_{100})$$

とし、被測定ガス中のN<sub>1</sub>ガスとN<sub>2</sub>ガスの濃度が各々aとbであれば、

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_{100} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1,1} \\ X_{1,2} \\ \vdots \\ X_{1,100} \end{bmatrix} a + \begin{bmatrix} X_{2,1} \\ X_{2,2} \\ \vdots \\ X_{2,100} \end{bmatrix} b$$

なる関係が成立し、これを書き換えると、

$$\begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{100} (X_{1,j})^2 & \sum_{j=1}^{100} (X_{1,j} X_{2,j}) \\ \sum_{j=1}^{100} (X_{2,j} X_{1,j}) & \sum_{j=1}^{100} (X_{2,j})^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

になる。この式の両辺に、

$$\begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{100} (X_{1,j})^2 & \sum_{j=1}^{100} (X_{1,j} X_{2,j}) \\ \sum_{j=1}^{100} (X_{2,j} X_{1,j}) & \sum_{j=1}^{100} (X_{2,j})^2 \end{bmatrix}^{-1}$$

即ち、逆行列をかけると、

$$\begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{100} (X_{1,j})^2 & \sum_{j=1}^{100} (X_{1,j} X_{2,j}) \\ \sum_{j=1}^{100} (X_{2,j} X_{1,j}) & \sum_{j=1}^{100} (X_{2,j})^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{100} X_{1,j} Y_j \\ \sum_{j=1}^{100} X_{2,j} Y_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad \text{-----(1)}$$

になる。即ち、

$$(X_{1,1}, X_{1,2}, \cdots, X_{1,100}),$$

$$(X_{2,1}, X_{2,2}, \cdots, X_{2,100}),$$

$$(Y_1, Y_2, \cdots, Y_{100})$$

を測定して、上式の演算をおこなえば被測定ガス内のN<sub>1</sub>ガスとN<sub>2</sub>ガスとの濃度a、bを求める

ことができる。

被測定ガスが3種類以上でもハーフミラー、参照セルを増やせば同様であり、ガス種をn、濃度を $a_1, a_2, \dots, a_n$ として、

$$\begin{bmatrix} \sum_i (X_{1i})^2 & \dots & \sum_i (X_{1i} \cdot X_{ni}) \\ \vdots & & \vdots \\ \sum_i (X_{ni} \cdot X_{1i}) & \dots & \sum_i (X_{ni})^2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sum_i (X_{1i} \cdot Y_i) \\ \sum_i (X_{2i} \cdot Y_i) \\ \vdots \\ \sum_i (X_{ni} \cdot Y_i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

の演算をおこなえば、被測定ガスの濃度を求めることができる。

上記の演算をおこなえば、レーザの1モードによつてn種のガス種の吸収スペクトルを測定でき、

発明では、例えば、測定しようとする波長領域を100ポイント(=1)に区分けして波長数を順次に変え、それぞれを変調するが、そのための1=100ポイントのレーザ電流の変化図を第4図に示しており、演算装置50からの指示により制御電源55によつてレーザ電流を図のように変化させる。そうして、光は検知器 $M_1 \sim M_n$ によって電気信号に変換される。ロックインアンプ回路は、二次高調波の成分を検出する。また、パワー測定回路では電流カット時にスペクトル強度を検出する。それらはサンプルホールド回路、マルチプレクサ回路40を経て順次にADコンバータ45でデジタル信号に変換され、それが演算装置50で計算されて出力される。

第5図は実測ガスの二次微分スペクトルを例示しており、被測定ガスがエタン( $C_2H_6$ )とプロパン( $C_3H_8$ )との2種類であり、第1図例は参照セル $N_1$ 内のプロパンガスのスペクトル、同図例は参照セル $N_2$ 内のエタンガスのスペクトル、同図例は被測定ガスのエタンガスとプロパン

1つのレーザ光源のみを用いたガスセンサが構成できる。

#### (実施例)

以下、図面を参照して実施例によつて詳細に説明する。

例えば、被測定ガスが $N_1$ ガスと $N_2$ ガスとの2種類からなり、それぞれがa、bの濃度で含まれているとすると、演算は(1)式でおこなうことができ、第2図に示すガスセンサの光学系の構成になる。なお、第2図において、図中の記号は第1図と同一部位に同一記号が付けてあり、Rはレンズである。

第3図はスペクトル信号を処理する信号処理回路図を示しており、上記に説明した以外の記号は11、12、13はロックインアンプ回路、21、22、23はパワー測定回路、31、32、33、34、35、36はサンプルホールド回路、40はマルチプレクサ回路、45はADコンバータ、50は演算装置(マイクロコンピュータ)、55はレーザの制御電源である。本

ガスを含むスペクトルであつて、このようなスペクトルが100ポイントに区分されて検知され、上記(1)式より演算・補正されて各々の濃度が検知されるものである。

なお、前記した従来法では二次微分スペクトルの特徴ある2~3ポイントのみを選んで算出していたが、本発明にかかる測定方法では細かく区分した多数ポイントからなるスペクトル波形を描きだして算出することが大きく相違している点である。

#### (発明の効果)

以上の説明から明らかなように、本発明にかかる濃度測定方法によれば高価なレーザ光源を多数用いることなく、1個のレーザ光源を用いてレーザ光源および検知器を含む光学系を小型にし、ガスセンサを安価に作成することができる利点の大きいものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は原理図、

第2図は実施例の光学系を示す図、

第3図は信号処理回路図、

第4図はレーザ電流の変化図、

第5図は実測ガスの二次微分スペクトル図、

第6図は従来の光学系を示す図である。

図において、

Lはレーザ光源、

Kは被測定ガスセル、

N<sub>1</sub> ~ N<sub>n</sub>は参照セル、

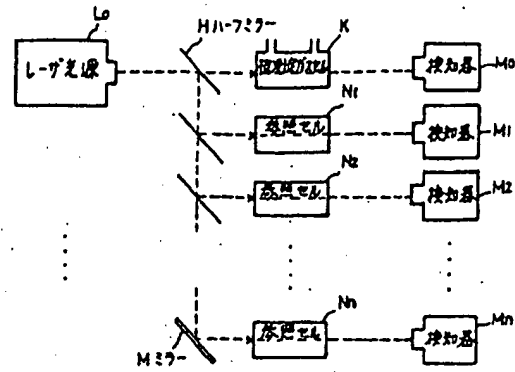
M<sub>0</sub> ~ M<sub>n</sub>は検知器、

Hはハーフミラー

Mはミラー

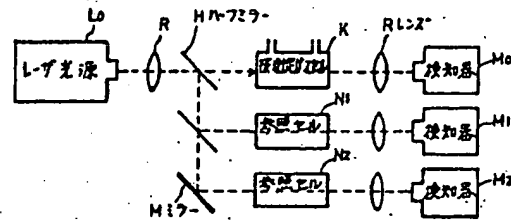
を示している。

代理人 弁理士 井 析 貞一



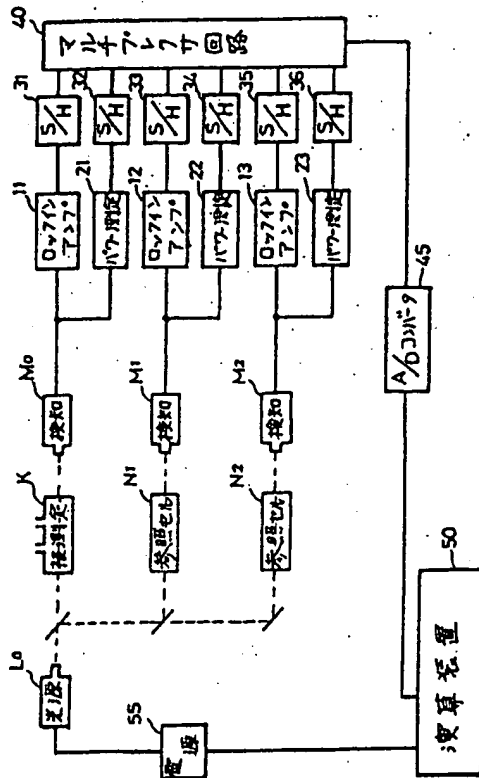
原理図

第1図



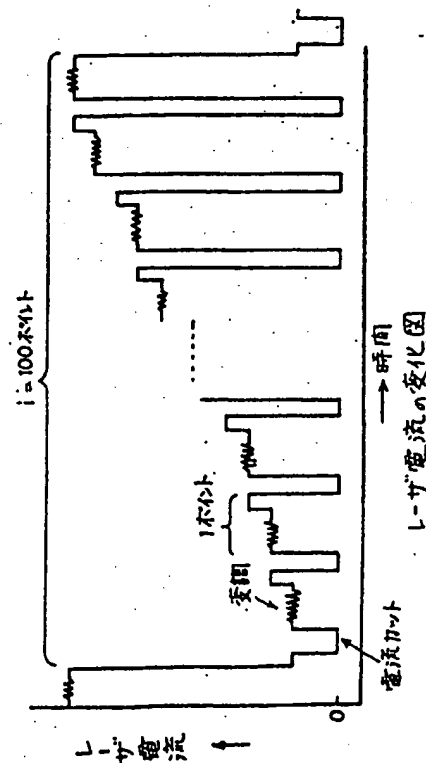
実施例の光学系を示す図

第2図



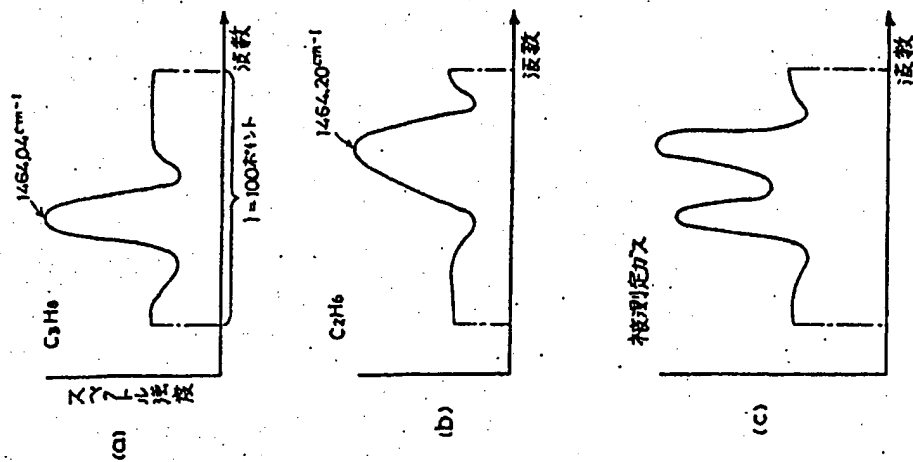
信号処理回路図

第3図

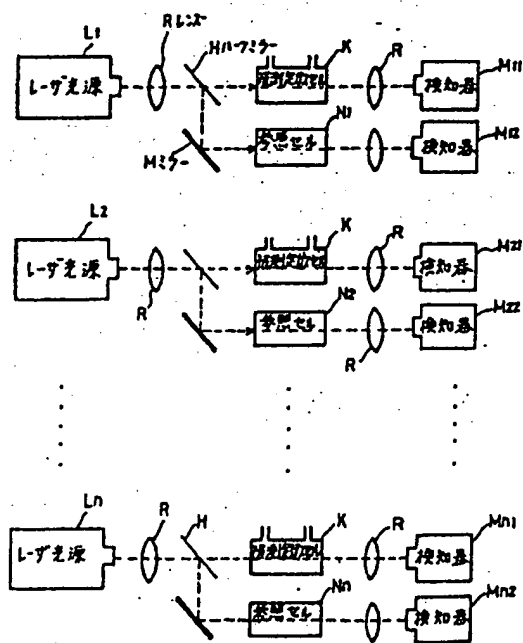


レーザ電流の変化図

第4図



笑気ガス・ニトロ酸分子スペクトル図  
第 5 図



従来の光学系 図 6

第 6 図